

参考資料

平成27年 9月 3日
関西電力株式会社

○福島第一原子力発電所の汚染水処理方法等の

反映検討について

.....

1

~

3

○高浜発電所 放水口側防潮堤 鉛直載荷試験について ...

4

○事故時対応能力の向上について

.....

5

~

7

○特定重大事故等対処施設における故意による

大型航空機の衝突による影響評価について.....

8

~

9

○これまでの火災対策強化について

.....

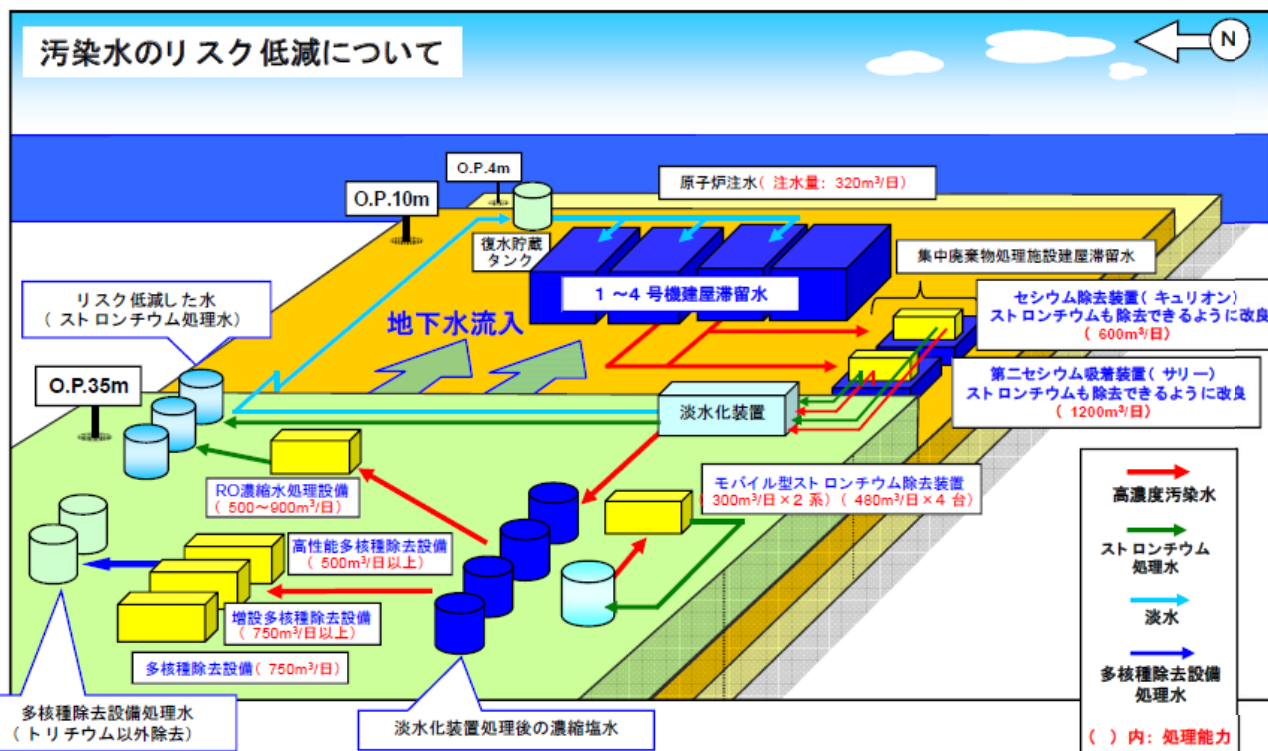
10

~

14

福島第一原子力発電所の汚染水処理状況

◇ 福島第一原子力発電所で稼動している汚染水処理設備



- セシウム除去装置(キュリオン)
- 第二セシウム除去装置(サリー)
- 多核種除去設備(ALPS)
- 増設多核種除去設備(増設ALPS)
- 高性能多核種除去設備(高性能ALPS)
- モバイル型ストロンチウム除去装置
- 第二モバイル型ストロンチウム除去装置

- 汚染水対策として、汚染水浄化装置で合成ゼオライト等の吸着材を用いて汚染水中の放射性物質を除去している。
- 港湾内海水中の放射性物質(Cs, Sr等)を効率的に除去するため、国の汚染水処理対策技術検証事業(海水浄化技術検証事業)を実施。

◇ 平成26年度 海水浄化技術検証事業

事業の内容	事業者	実施結果
海水中のCs、Sr等の放射性核種を効率よく除去できる新規捕集材と、海水を新規捕集材に供給する汚濁物質除去機構を組み合わせた閉鎖海域での放射性物質回収システムに必要な技術の開発。	三菱重工業(株)	モルデナイト(Cs吸着材)、合成ゼオライト(Sr吸着材)で海水中でも捕集が可能。 調整済ゼオライトの採用により、ゼオライト容積の200倍の海水を除去率90%で処理可能。 港湾内海水(160,000m ³)に含まれるCs、Sr等を約1年で処理(DF=10)。 処理海水量に対する二次廃棄物の比率は0.5%(約800t)以下を達成。
再生可能な2種類の樹脂を使用して、海水中のCs、Srを選択的に分離できる能力を実証する。	IBC Advanced Technologies, Inc	それぞれの樹脂(SuperLig605, SuperLig644)について、Cs、Srに対してDF10の除去性能を有していることを確認。 港湾内海水(160,000m ³)に含まれるCs、Sr等を約200日で処理(DF=10)。 二次廃棄物は約30m ³ の樹脂と、約11,000m ³ の回収溶液が発生。
海水を汲み上げない条件で、海水への吸着材浸漬による吸着方式(フローティング=システム)を用いて、閉鎖海域の海水中のCs、Srの回収技術の開発。	(株)大林組	海藻から抽出されるアルギン酸ナトリウムをベースとした吸着材によるCOLD試験を実施し、Cs、Srに対しての吸着性能および更なる改善可能性を確認。
福島第一発電所港湾内の海水を揚水することなく浄化を行い、放射能濃度を告示濃度限度以下(DF10)に低減する計画の実現性評価を実施。	(株)アトックス、 AREVA INC, ANADEC	市販吸着材および試作吸着材による吸着試験を実施し、海水環境下でのCs、Srの効果的な吸着工法を確立。 港湾内海水(160,000m ³)に含まれるCs、Srを処理した場合の二次廃棄物は約2,700t発生するが、焼却により約1,200tまで減容可能。
吸着繊維の性能を評価し、その結果に基づいて除染システムの概念設計を実施。	日揮(株)	吸着繊維を用いた吸着性能評価試験を実施し、除染性能を確認。 閉鎖海域において、吸着性能DF=10を1年で達成するために必要なシステムを検討。 港湾内海水(160,000m ³)に含まれるCs、Sr等を約1年で処理(DF=10)。

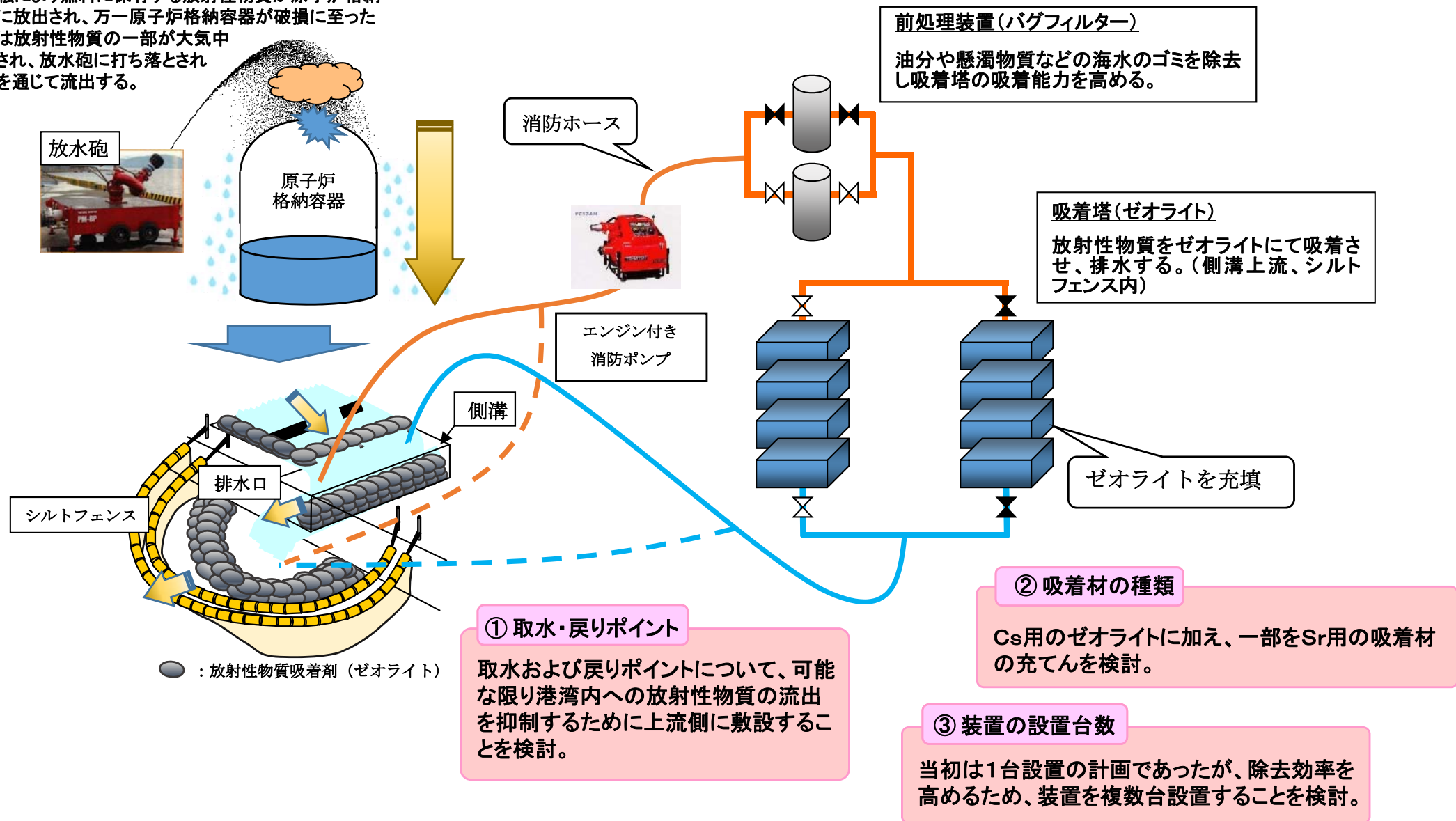
本事業において、海水中の放射性物質(Cs、Sr等)除去技術を実機へ適用できる可能性が確認された。

今後実施される実機適用評価結果を踏まえ、当社の汚染水対策への反映検討を実施する。

海水循環型浄化装置の設置検討

拡散抑制追加対策(海水循環型浄化装置設置)への反映検討

炉心溶融により燃料に保有する放射性物質が原子炉格納容器内に放出され、万一原子炉格納容器が破損に至った場合には放射性物質の一部が大気中に放出され、放水砲に打ち落とされ側溝等を通じて流出する。

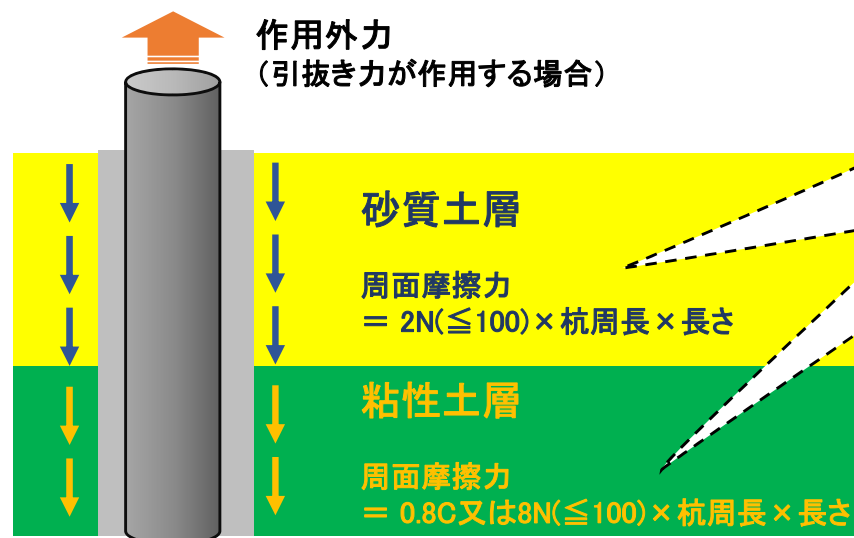


放水砲、ゼオライト、シルトフェンスに加え、本装置を速やかに設置し、活用することにより、さらなる放射性物質の低減を目指す。

高浜発電所 放水口側防潮堤 鉛直載荷試験について

- 設計上の杭の支持力(周面摩擦力=引抜き・押込みに対する抵抗力)については、道路橋示方書(道示)に示す周面摩擦力の算定式のうち、保守的に最低値を用いて評価。
- 工事計画認可に係る審査において、評価の妥当性確認を求められたことから、鉛直載荷試験にて、本設杭の周面摩擦力を計測、設計上の支持力が保守的であることを確認。

設計上の考え方



- ・道路橋示方書の算定式のうち、保守的に粘性土層と砂質土層の最低値を用いて周面摩擦力を算出。
- ・これらを合計することで杭全体の設計上の周面摩擦力としている。

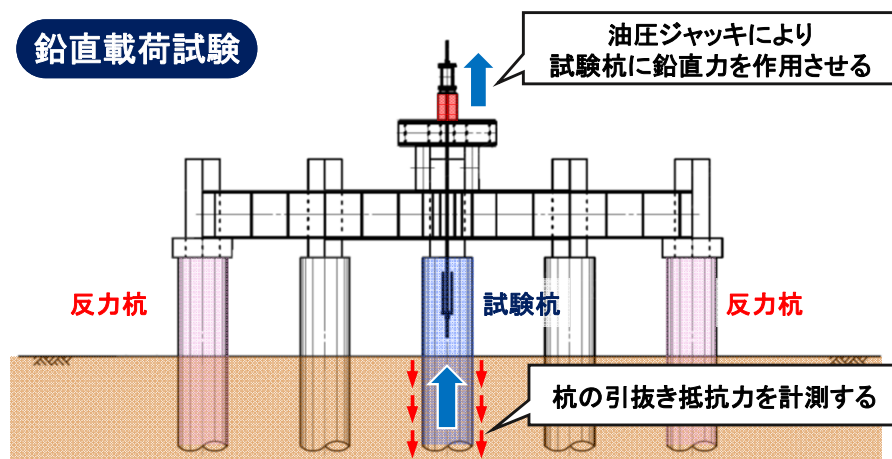
表-解 12.4.6 最大周面摩擦力度 (kN/m²)

施工方法	砂 質 土	粘 性 土
打 込 み 杭 工 法 (打撃工法, バイプロハンマ工法)	<u>2N (≦100)</u>	c 又は 10N (≦150)
場 所 打 ち 杭 工 法	5N (≦200)	c 又は 10N (≦150)
中 掘 り 杭 工 法	<u>2N (≦100)</u>	<u>0.8c 又は 8N (≦100)</u>
プレボーリング杭工法	5N (≦150)	c 又は 10N (≦100)
鋼管ソイルセメント杭工法	10N (≦200)	c 又は 10N (≦200)
回 転 杭 工 法	3N (≦150)	c 又は 10N (≦100)

ただし, c は地盤の粘着力 (kN/m²), N は標準貫入試験の N 値

(道路橋示方書(平成24年3月)p.395)

鉛直載荷試験



鉛直載荷試験(支持力確認)概念図

「杭の鉛直載荷試験方法・同解説」((社)地盤工学会)に基づく鉛直載荷試験(引抜き試験)を実施し、本設杭の周面摩擦力が設計上の周面摩擦力以上であることを確認した。



本設杭の周面摩擦力
(試験で確認)

Ⅳ

設計上の周面摩擦力
(道路橋示方書)

○当直運転員を対象として、運転シミュレータを活用して、各種訓練を実施し、対応操作の習熟を図っている。

◎重大事故に関する訓練(例)

- ・長時間に渡る全交流電源喪失事故対応訓練
- ・地震、津波を想定した訓練
- ・緊急安全対策要員との連携を想定した訓練(下記参照)

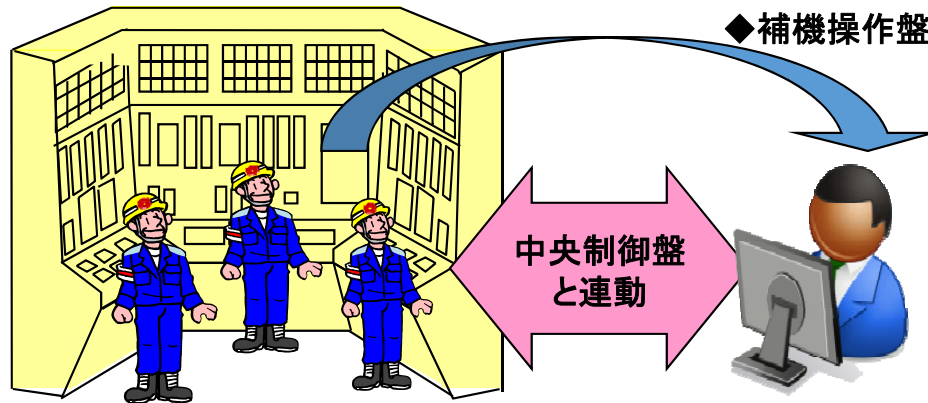
◎事故時の環境を想定した訓練(例)

- ・非常灯照明下での訓練(下記参照)
- ・半面マスクを装着した訓練(※)

※ 海外事例より得られた情報をもとに、訓練の具体的な実施方法について検討中

●緊急安全対策要員との連携を模擬

◆運転訓練シミュレータ
(中央制御盤)



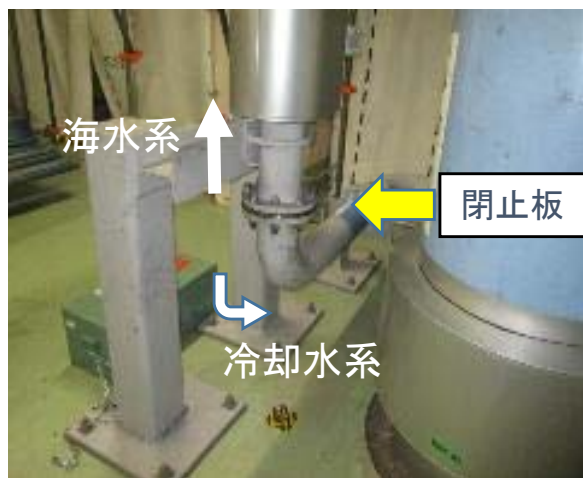
- ・中央制御室とは別室に設置された補機操作盤にて現地対応を模擬
- ・中央制御室運転員は、緊急安全対策要員と連携し操作を実施

●非常灯照明下での訓練風景



○緊急安全対策要員を対象として、新たに配備された設備・資機材や設備変更を踏まえ、技術的習熟が必要となる手順について、訓練設備(モックアップ)を用いて、繰り返し訓練を実施することで、対応能力の習熟を図っている。

○通常運転時系統分離のため閉止板を設置している箇所を事故時迅速に接続するための訓練用モックアップ導入

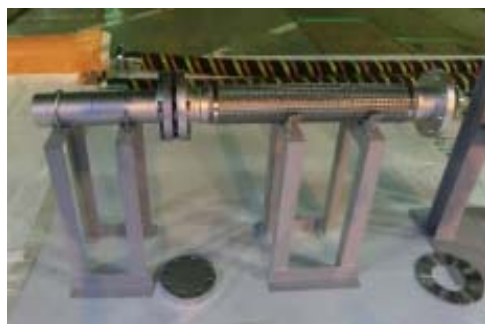


大容量ポンプ海水系統～冷却水系統
接続ディスタンスピース入替訓練設備



モックアップを用いた訓練風景

○主な訓練設備(モックアップ)



可搬式代替低圧注水ポンプ
吐出配管フランジ接続訓練設備



消防ポンプ起動手順訓練設備



送電線切断訓練設備

【ねらい】

これまでは、情報伝達、通報連絡を主としたシナリオ提示型訓練を実施してきたが
 今後は、発電所本部や原子力事業本部各本部が、いかなる状況下でも的確に
 対応できるよう、シナリオ非提示型訓練を実施し、技能、知識の向上を図る。
 また原子力事業本部要員の訓練機会を増やし発電所支援能力の向上を図る。

訓練形態の充実

	シナリオ提示型訓練	シナリオ非提示型訓練
実施目的	総合的な手順確認(トレーニング)	対応組織の能力評価
実施体制	プレイヤーの制限はない	プレイヤーには、シナリオ作成者、コントローラーおよび評価者は入らない
コントローラーの役割	主にタイムキーパー	主にプレイヤーに対する付与情報の提供、プレイヤーの対応に介入することもある。
判断が分かれる 臨機応変の措置	すべて、訓練シナリオに包含され、プレイヤーに開示される	複数の対応手順がある応用操作など、プレイヤーの力量で選択し、対応する。
訓練の例	自治体と合同で行う原子力総合防災訓練	発電所訓練、要素訓練

訓練機会の増加

	H25年度以前	H26年度	H27年度
実施回数	1回／年程度	2回 (8／31高浜、11／18高浜※)	3回 (全ての発電所訓練に参加)

※シナリオ非提示型訓練

特定重大事故等対処施設における故意による 大型航空機の衝突による影響評価(1/2)

特定重大事故等対処施設とは、原子炉建屋への故意による大型航空機の衝突その他のテロリズムに対してその重大事故等に対処するために、原子炉格納容器の破損を防止するために必要な設備を有する施設であり、以下の通り設計。

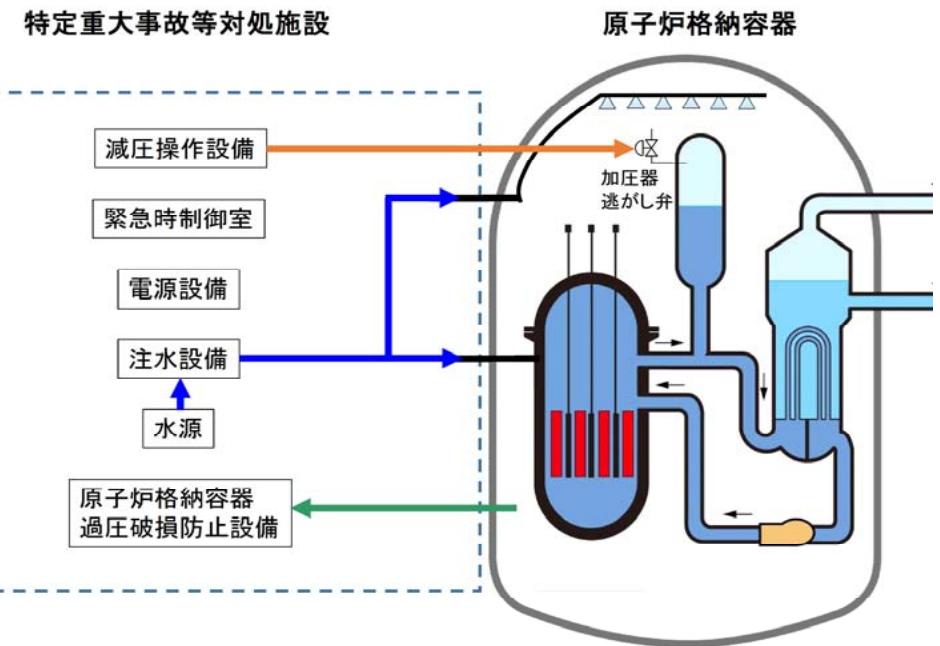
なお、特定重大事故等対処施設はシビアアクシデントに対処する対策のうち、格納容器の破損防止対策のバックアップ設備であり、設置までに猶予期間がある。

○原子炉建屋及び特定重大事故等対処施設が同時に破損することを防ぐために必要な離隔距離（例えば100m以上）を確保すること、又は故意による大型航空機の衝突に対して頑健な建屋に収納すること。⇔ (2/2)

○発電用原子炉施設の外からの支援が受けられるまでの間、使用できるものであること、例えば、少なくとも7日間、必要な設備が機能するに十分な容量を有するよう設計を行うこと。

○要求機能（右図参照）

- ・格納容器の冷却・減圧・放射性物質低減機能
- ・格納容器の過圧破損防止機能
- ・緊急時制御室
- ・電源設備



特定重大事故等対処施設のシステム概略図

特定重大事故等対処施設における故意による 大型航空機の衝突による影響評価(2/2)

【故意による大型航空機の衝突に対する建屋の頑健性】

原子炉建屋及び特定重大事故等対処施設が同時に破損することを防ぐために必要な離隔距離が確保されていない場合は、特定重大事故等対処施設における故意による大型航空機の衝突による影響評価を行う。



【航空機衝突影響に係る標準評価手法】（実用発電用原子炉に係る特定重大事故等対処施設に関する審査ガイドより）

○航空機衝突影響評価の手法及び適用範囲

- ・航空機衝突影響評価にあたっては、不確かさ評価を伴う最適評価が望まれる。
- ・実験等を基に検証され、適用範囲が適切なモデルを用いる。
- ・不確かさが大きいモデルを使用する場合又は検証されたモデルの適用範囲を超える場合には、感度解析結果等を基にその影響を適切に考慮する。

○航空機衝突影響評価の対象範囲

航空機衝突影響評価の対象は、「必要な離隔距離」内に設置する建屋、施設及び設備等とする。

○航空機等の特性

航空機の機種、進入経路、進入速度、燃料の積載量について考慮。

○評価対象とする損傷

評価の対象とする損傷は、航空機の衝突による物理的損傷、衝撃破損及び航空機搭載燃料等による火災損傷とする。

○頑健性の判断基準

頑健な建屋であることは、原子炉建屋への故意による大型航空機の衝突に対して特定重大事故等対処施設がその必要な機能を喪失しないことをもって判断する。

これまでの火災対策強化について

10

	主なソフト対策	主なハード対策
・もんじゅのナトリウム漏えい火災 (平成7年3月) ・東海村アスファルト固化処理施設の火災爆発事故(平成9年3月)等	○公設消防と「原子力発電所における警防活動に関する協定書」を締結 (平成14年3月)	
・大飯3,4号機廃棄物処理建屋での火災 (平成18年3月)	○初動対応マニュアルの整備 ○当直課長が自ら119番通報する運用をルール化 ○防火シート、防災シートは専用ケースに収納する運用を開始	○火報連動監視カメラの設置 ○油専用保管倉庫の新設
・新潟県中越沖地震 (平成19年7月)	○専属消防隊(委託消防隊)を新設し24時間発電所に常駐(5名) ○技術系社員を消防リーダーとして発電所に駐在 ○休日・夜間も含め迅速に試料採取・放射能測定を実施するため、分析要員の発電所常駐化	○防火水槽の設置 ○消防車から消火水系統へ供給可能な接続設備を設置 ○化学消防自動車、小型動力ポンプ付水槽車を配備 ○構内アクセスルート路盤の補強 ○中央制御室と消防機関との専用通信回線(ホットライン)を設置
・新規制基準の施行 (平成25年7月)	○初動対応体制の発電所常駐70名のうち、専属消防隊(委託消防隊)は7名常駐。(5名⇒7名)	【内部火災】 ○火災感知器の追加設置 ○スプリンクラーやハロン消火装置を設置 ○スプリンクラー用に耐震性のあるタンクやポンプ等の消火水系統を追加設置 ○ケーブルトレイに耐火シートや自動消火装置を設置 【外部火災】 ○発電所周辺への防火帯の設置

大飯3, 4号機廃棄物処理建屋での火災を踏まえた対策について

- 平成18年3月22日、大飯3, 4号機の廃棄物処理建屋内で火災が発生。
- 現場検証の結果、最も燃えていたのは、同建屋3階面の、防火シートや防災シートなどを保管していた機材整理棚の中段部。(写真①)
- 機材整理棚で出火、防災シートなどが燃え、塗料棚のスプレー缶や塗料缶などの有機溶剤の揮発成分に引火、火災が機材仮置場全体に広がり煙やすすが、同建屋3階に広がったものと推定。

主な対策

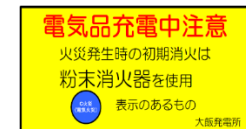
- 火災の発生防止
 - ・溶接時に使用した防火シート、防災シートは専用のケース(写真②)に収納し、可燃物の収容場所と分けて一時保管(冷却)。
 - ・社内ルールに明記。協力会社に周知徹底。
- 火災の延焼防止
 - ・管理区域内の可燃物、危険物等の一斉整理ならびに管理方法のルール化。
- 火災の影響低減
 - ・自衛消防隊による実践的な初期消火活動訓練の継続的实施。
 - ・初動活動強化のため、現場確認の方法や初期消火の方法などを定めた初動対応マニュアルを整備。
 - ・放水による影響の判断に資するため、安全上重要な系統や機器の範囲を示したマップを作成するとともに機器ごとに適用可能な消火器の表示札を掲示(写真③)
 - ・火災報知機動作時の現場確認に資するため、監視カメラの増設。
- 迅速な119番通報
 - ・平日昼・夜間、土日・祭日を問わず、当直課長が火災と判断した場合、速やかに119番通報



写真①



写真②



写真③

新潟県中越沖地震を踏まえた対策について

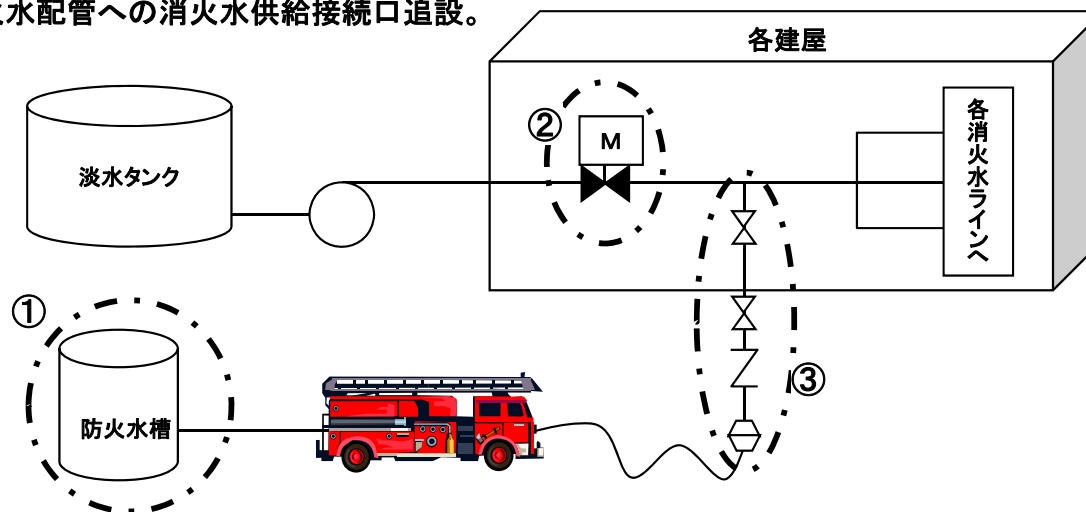
平成19年7月に発生した新潟県中越沖地震を踏まえ実施した主な対応は以下のとおり。

○自衛消防体制等の強化

- ・自衛消防隊10名による24時間常駐体制を再整備。
- ・専属消防隊(委託消防隊)を新設した(平成20年3月)。
- ・委託消防隊に原子力に関する必要な知識を付与するため、当社技術系社員を消防リーダーとして発電所に駐在。
- ・発電所における油火災等に備え、各発電所に化学消防自動車(Ⅱ型)1台、小型動力ポンプ付水槽車1台を配備(平成20年2月)。
- ・中央制御室と消防機関との専用通信回線(ホットライン)設置。
- ・休日・夜間も含めて迅速に試料採取・放射能測定を実施するため、発電室当直員の増員ならびに分析要員の発電所常駐化。

○消火水供給手段の強化(高浜発電所の例)

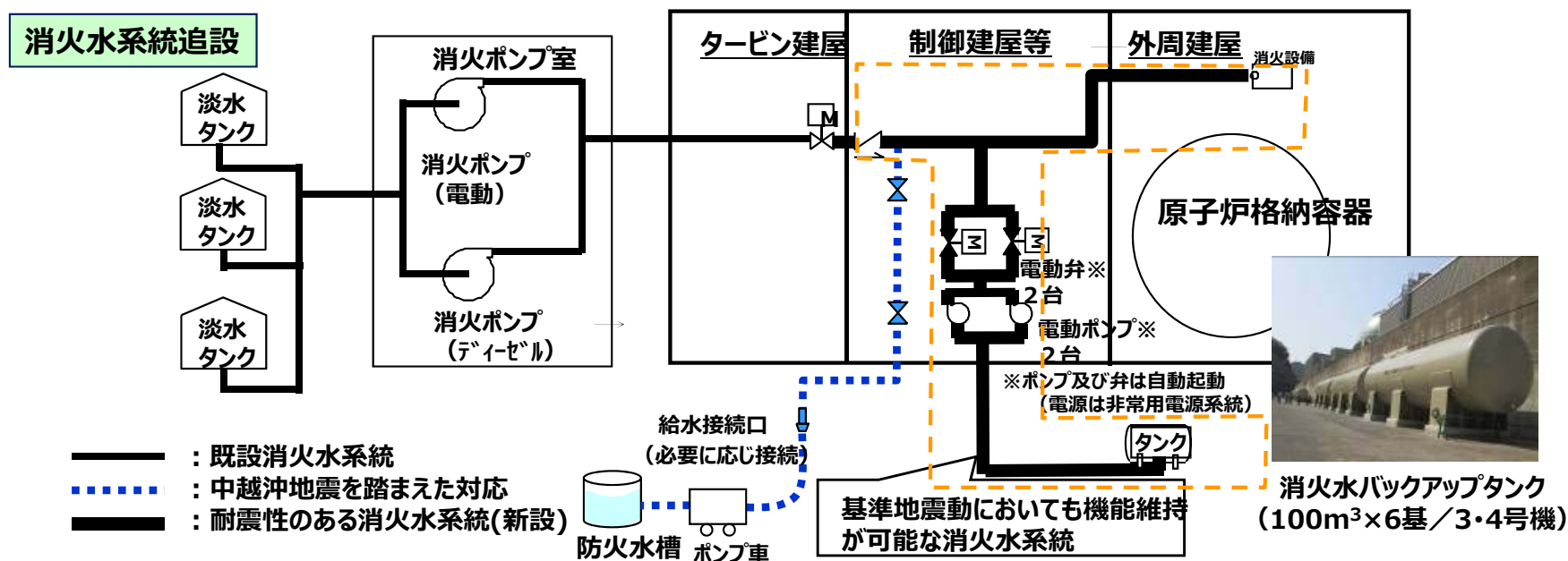
- ①防火水槽を設置。
- ②既設消火水配管に、電動隔離弁(1台)追設。
- ③消防車から既設消火水配管への消火水供給接続口追設。



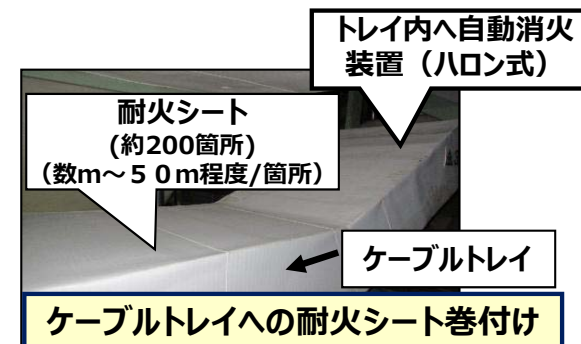
新規制基準対応について(内部火災対策)

原子炉を停止するために必要な機器等に対し、以下について強化。(例:高浜3, 4号機)

- 早期検知のため、異なる種類の火災感知器(煙、炎)を追加設置。(約1,200個→約2,400個)
- 可燃物(ポンプ等油内包機器、ケーブル、電気盤等)を対象にスプリンクラーやハロン消火設備を設置。
- 耐震性のあるタンクやポンプ等の消火水系統を追設。
- 影響軽減のため、ケーブルトレイに耐火シートや自動消火装置を設置。



消火設備等設置



新規制基準対応について(外部火災対策)

○森林火災による発電所施設への延焼を防止するために森林を伐採し、幅18mの防火帯を設置。

防火帯の工事（例）



【防火帯設置前】



【防火帯設置後】

